

Rizqi Auliaur Rahman

Nur Latifah

Mardiah

Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Biomassa sebagai Bahan Baku
Katoda Udara

PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH BIOMASSA SEBAGAI BAHAN BAKU KATODA UDARA

Fabricated of Activated Carbon from Biomass Waste for Air Cathode Application

Rizqi Auliaur Rahman¹, Nur Latifah¹, Mardiah^{1*}¹Department of Chemical Engineering, Engineering Faculty, Mulawarman University
Jl. Sambaliung No. 9, Gunung Kelua, Samarinda, Indonesia

*email : mardiah@ft.unmul.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam seperti kelapa sawit dan padi. Limbah biomassa tersebut yang berupa tandan kosong kelapa sawit dan sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif melalui proses pirolisis. Baterai logam udara terdiri dari tiga bagian utama, anoda berupa logam seperti aluminium dan seng, elektrolit sebagai media penghantar dan katoda yang dapat berupa karbon aktif sebagai media penyerap oksigen di udara. Penelitian ini menggunakan dua jenis karbon aktif yaitu dari sekam padi dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS), dua jenis logam yaitu aluminium dan seng, serta tiga jenis larutan elektrolit, yaitu NaOH, HCl, dan NaCl. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa kuat arus tertinggi terdapat pada elektrolit HCl dengan anoda berupa seng dan karbon aktif yang berasal dari sekam padi dan tegangan tertinggi diperoleh pada elektrolit NaOH dengan anoda berupa aluminium dan karbon aktif berasal dari tandan kosong kelapa sawit.

Kata Kunci : *Metal-air batteries, sekam padi, tandan kosong kepala sawit (TKKS)*

Abstract

Keywords: *Metal-air batteries, rice husk, empty fruit bunches (EFB)*

1. PENDAHULUAN

Baterai logam udara memiliki keunggulan diantara nya energi spesifik yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan baterai yang bersifat *rechargeable* seperti Li ion, Ni-Baterai Cd, dan timbal-asam. Untuk jenis baterai ini, anoda yang digunakan adalah logam aktif seperti Li, Ca, Mg, Al, Fe, dan Zn. Aluminium (Al) dan seng (Zn) adalah logam yang paling melimpah di kerak bumi (Mori, 2017).

Baterai logam udara seperti baterai aluminium udara adalah jenis baterai yang termurah karena harga aluminium pada tahun 2014 seharga \$0.88/lb dan melimpahnya unsur

aluminium. Bahkan dapat menjadi lebih ekonomis dengan memanfaatkan limbah aluminium seperti kaleng bekas (Morris R.K., 2002). Selain itu, baterai logam udara memiliki densitas energi teoritis yang besar mencapai 8,14 kwh/kg (Liu Y 2017).

Limbah biomassa seperti Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan sekam padi mempunyai potensi yang besar sebagai katoda udara. Berdasarkan data statistik Departemen Pertanian pada tahun 2015 produksi kelapa sawit Indonesia mencapai 23 juta ton. Dari produksi tersebut dihasilkan limbah biomassa TKKS sebanyak 22-23 % atau sekitar 5 juta ton. Sedangkan limbah sekam padi yang dihasilkan dari proses penggilingan

beras diperoleh sekam sekitar 20-30% dari bobot gabah (Ashari, 2013). Sekam dengan persentase yang tinggi tersebut dapat menimbulkan masalah lingkungan. Umumnya kedua limbah biomassa tersebut dimanfaatkan sebagai bahan bakar tungku perebusan kelapa sawit, mejadi pupuk, atau hanya dibakar dan belum bisa dimanfaatkan secara maksimal. Sehingga salah satu cara untuk memanfaatkan pada kedua limbah biomassa tersebut adalah dengan menjadikan sumber bahan baku baterai katoda udara.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan performansi dari pengaruh katoda udara dari karbon aktif hasil proses pirolisis TKKS dan sekam padi serta pengaruh penggunaan anoda, yakni seng (Zn) dan aluminium (Al) dengan menggunakan 3 jenis larutan elektrolit, yakni NaOH 1 M, NaCl 1 M, dan HCl 1 M terhadap perolehan tegangan dan kuat arus listrik yang dihasilkan oleh baterai logam udara.

2. METODOLOGI PENELITIAN

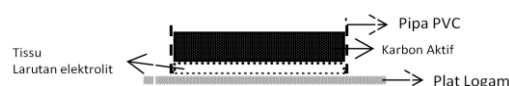
2.1. Pembuatan Karbon Aktif dari Sekam Padi dan TKKS

Sekam padi dan TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) yang sudah halus dimasukkan kedalam silinder/ reaktor pirolisis. Suhu proses diatur pada suhu 550-600°C. Cairan berbentuk gas yang keluar dari silinder/ reaktor dikondensasi dan ditampung dalam gelas ukur. Proses dihentikan ketika tidak ada lagi gas dan liquid yang terbentuk di kondensor. Char yang dihasilkan dari proses pirolisis diambil dan dilakukan aktivasi dengan direndam pada larutan NaOH 1 M selama 24 jam. Setelah itu dilarutkan kembali dengan HCl 1 M dan dicuci dengan akuades hingga pH ± 7 . Setelah itu, dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C hingga berat konstan. Char yang diperoleh dilakukan analisa proksimat.

2.2 Perakitan Baterai, Pengukuran Kuat Arus dan Tegangan Listrik

Pipa 1 in dipotong dengan panjang 1,5 cm. Karbon aktif yang telah siap dimasukkan kedalam pipa dan ditekan hingga menyatu dengan tissu. Plat aluminium dan plat seng dipotong menjadi ukuran 6 x 6 cm dan tebal dengan menggunakan jangka sorong sebesar

0,03 cm untuk seng dan 0,003 cm untuk aluminium. Karbon aktif dan tissu disusun kedalam pipa 1 in seperti Gambar 1. Larutan elektrolit NaOH 1 M sebanyak 6 mL dimasukkan ke dalam pipa 1 in hingga tissu menyerap larutan dan menyentuh keseluruhan plat. Pengukuran kuat arus dan tegangan listrik menggunakan avometer setiap 1 gram karbon aktif hingga 3 gram karbon aktif. Perlakuan diulang dengan larutan elektrolit NaCl dan HCl 1 M masing-masing sebanyak 6 mL.



Gambar 1. Rangkaian Baterai

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik karbon aktif

Berdasarkan hasil analisa proksimat pada Tabel 1, TKKS memiliki nilai *Fixed Carbon* lebih tinggi dibandingkan sekam padi. Kadar air pada karbon aktif dari kedua bahan sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) yaitu lebih rendah dari 15%. Kadar air yang tinggi akan menurunkan mutu karbon aktif karena air yang teradsorpsi pada karbon aktif akan menurunkan kapasitas dan daya adsorpsi terhadap cairan maupun gas.

Tabel 1. Hasil Analisa Proksimat Sampel Karbon Aktif

Karbon	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Volatile Matter (%)	Fixed Carbon (%)
Sekam Padi	13,93	41,00	15,46	29,50
TKKS	2,02	9,85	20,72	67,41
Karbon Aktif	<15%	<10%	< 25%	> 65%
SNI				

Kadar zat terbang (*volatile matter*) yang dihasilkan pada penelitian ini dibawah 25%. Semakin rendah kadar zat terbang dari karbon aktif, semakin baik mutu karbon aktif tersebut. Sementara kadar abu yang diperoleh karbon aktif sekam tidak memenuhi SNI karena kandungannya jauh lebih tinggi dibandingkan standar yang telah ditetapkan yakni kurang dari 10 % sehingga mengakibatkan karbon yang terikat (*fixed carbon*) semakin rendah. sedangkan karbon

aktif dari TKKS memenuhi SNI baik dari segi kadar abu dan karbon terikat. Semakin luas plat logam beserta karbon aktif maka semakin besar kemungkinan media penyerapan udara.

3.2. Pembuatan Baterai Logam Udara

Asam kuat, garam, dan basa kuat bersifat konduktor karena dapat terionisasi dengan sempurna berbeda dengan asam lemah dan basa lemah yang hanya dapat terionisasi sebagian atau tidak sempurna. Larutan NaOH, NaCl, dan HCl dapat terionisasi sempurna dalam air. Ion-ion tersebut bergerak aktif sehingga dapat menghantarkan arus listrik dengan baik dari kutub positif ke kutub negatif pada baterai. Reaksi ionisasi logam Zn, Al, dan Udara pada larutan elektrolit Basa, Garam, dan Asam dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 2. Tabel Reaksi Zn pada *Aqueous* Elektrolit

Elektrolit	Reaksi	E° (V)
Basa	$\text{Zn} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$	+ 1,25
Garam	$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	- 0,76
Asam	$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	- 0,76

Sumber: Mainar, Aroa R. dkk., (2018)

Tabel 3. Tabel Reaksi Al pada *Aqueous* Elektrolit

Elektrolit	Reaksi	E° (V)
Basa	$\text{Al} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{e}^-$	+ 2,30
Garam	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$	- 1,67
Asam	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$	- 1,67

Sumber: Chen, Leane D., dkk., (2015)

Tabel 4. Tabel Reaksi Udara pada *Aqueous* Elektrolit

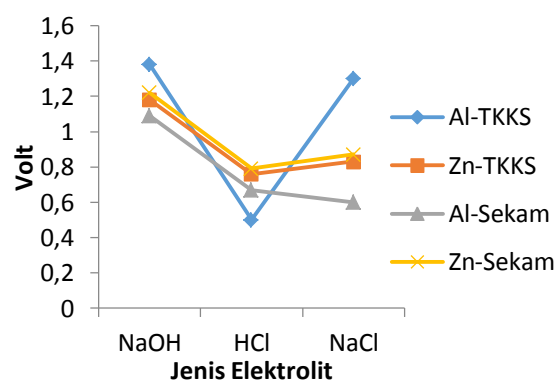
Elektrolit	Reaksi	E° (V)
Basa	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$	+0,40
Garam	$2\text{H}^+ + \frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	+1,29
Asam	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	+1,29

Sumber: Mainar, dkk., (2018)

Logam Al memiliki tegangan listrik lebih besar dibanding logam Zn sesuai dengan perhitungan teoritis.

Hasil dari pengujian dalam bentuk grafik perbandingan tegangan dan kuat arus baterai

pada berbagai Elektrolit dengan Avometer yang dihasilkan oleh baterai dapat dilihat pada Gambar 3, 4, 5 dan 6.



Keterangan : Al-TKKS (anoda aluminium dan karbon aktif dari TKKS); Al-Sekam (anoda aluminium dan karbon aktif dari sekam padi); Zn-TKKS (anoda seng dan karbon aktif dari TKKS); Zn-Sekam (anoda aluminium dan karbon aktif dari sekam padi)

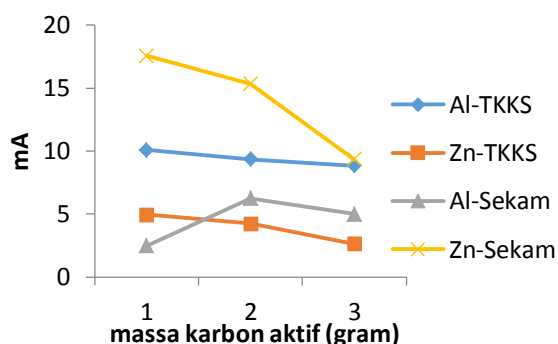
Gambar 3. Grafik Perbandingan Tegangan Listrik

Dari grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa tegangan listrik tertinggi pada elektrolit NaOH yakni Al-TKKS sebesar 1,38 V dan Al-sekam 1,09 V. Sementara itu, Zn-TKKS sebesar 1,18 V dan Zn-sekam 1,22 V.

Pada elektrolit HCl yakni Al-TKKS sebesar 0,5 V dan Al-sekam 0,67 V. Sementara itu, Zn-TKKS sebesar 0,76 V dan Zn-sekam 0,79 V.

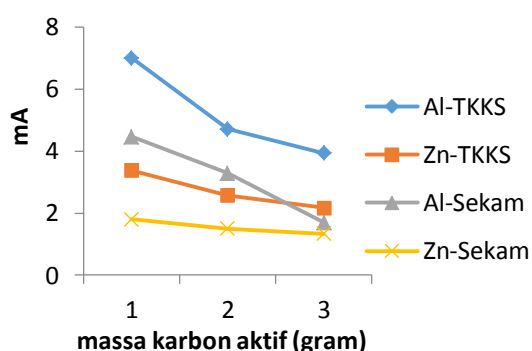
Dan Pada elektrolit NaCl yakni Al-TKKS sebesar 1,3 V dan Al-sekam 0,6 V. Sementara itu, Zn-TKKS sebesar 0,83 V dan Zn-sekam 0,87 V. Dari hasil penelitian diketahui, tegangan baterai tetap sama walaupun dengan penambahan karbon aktif 1-2 gram.

Mardwianta (2017) menjelaskan tegangan baterai diperoleh karena adanya beda potensial dua terminal di sirkuit. Terminal di aluminium potensial yang lebih rendah menuju ke terminal udara yang ada di karbon aktif dengan potensial yang lebih tinggi. Liu (2017) menjelaskan dengan larutan basa kuat lebih baik karena ionik yang lebih baik dari segi konduktivitas, viskositas rendah, koefisien difusi oksigen lebih tinggi dan kinetika reaksi lebih cepat.



Keterangan : Al-TKKS (anoda aluminium dan karbon aktif dari TKKS); Al-Sekam (anoda aluminium dan karbon aktif dari sekam padi); Zn-TKKS (anoda seng dan karbon aktif dari TKKS); Zn-Sekam (anoda seng dan karbon aktif dari sekam padi)

Gambar 4. Grafik Perbandingan Kuat Arus per Gram karbon aktif pada Elektrolit HCl



Keterangan : Al-TKKS (anoda aluminium dan karbon aktif dari TKKS); Al-Sekam (anoda aluminium dan karbon aktif dari sekam padi); Zn-TKKS (anoda seng dan karbon aktif dari TKKS); Zn-Sekam (anoda seng dan karbon aktif dari sekam padi)

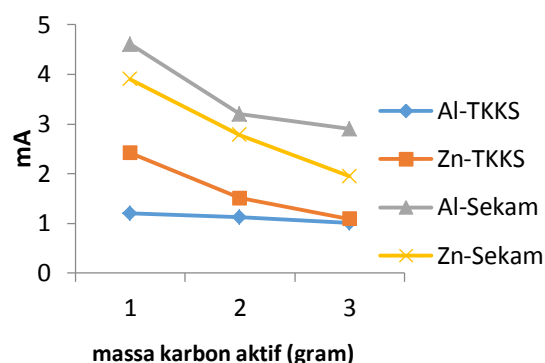
Gambar 5. Grafik Perbandingan Kuat Arus per Gram karbon aktif pada Elektrolit NaOH

Mardwianta (2017) menjelaskan pengukuran tegangan listrik ini mampu terjadi karena rangkaian baterai membangkitkan medan listrik sehingga menyebabkan timbulnya arus listrik dalam sebuah konduktor listrik yang terhubung dengan alat. Mardwianta (2017) juga menjelaskan bahwa kinerja baterai melibatkan transfer elektron melalui suatu media yang bersifat konduktif dari anoda menuju katoda sehingga menghasilkan arus listrik.

Arus listrik yang dihasilkan tertinggi pada elektrolit HCl pada logam Zn dan karbon aktif dari Sekam padi sebesar 17,58 mA. Pada

elektrolit NaOH pada logam Al dan karbon aktif dari TKKS sebesar 7 mA. Dan pada elektrolit NaCl pada logam Al dan karbon aktif dari Sekam padi sebesar 4,6 mA.

Dari hasil penelitian menunjukan bahwa massa karbon aktif (katoda) mempengaruhi jumlah arus yang dihasilkan yang dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6 yang menunjukan perubahan arus listrik yang dihasilkan dari rangkaian baterai setiap penambahan 1 gram karbon cenderung menurun. Hal ini kemungkinan dapat terjadi karena adanya penetrasi larutan elektrolit ke dalam pori-pori karbon aktif sehingga menghambat penyerapan udara ke dalam pori-pori karbon.



Keterangan : Al-TKKS (anoda aluminium dan karbon aktif dari TKKS); Al-Sekam (anoda aluminium dan karbon aktif dari sekam padi); Zn-TKKS (anoda seng dan karbon aktif dari TKKS); Zn-Sekam (anoda seng dan karbon aktif dari sekam padi)

Gambar 6. Grafik Perbandingan Kuat Arus per Gram karbon aktif pada Elektrolit NaCl

Selain itu, pada Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6 menunjukan bahwa setiap elektrolit memiliki perbedaan kuat arus yang berbeda sehingga kuat arus dipengaruhi oleh jenis elektrolit.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan listrik tertinggi pada Al-TKKS pada elektrolit NaOH sebesar 1,38 V. Sedangkan kuat arus tertinggi

pada variasi elektrolit HCl pada variasi Zn-Sekam sebesar 17,58 mA.

REFERENSI

- Anonymous, 2015. *Statistik Perkebunan Indonesia Palm Oil*. Jakarta. Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Ashari, Moh. Yusuf., 2013. *Adsorpsi Ion Cr(VI) Oleh Arang Aktif Sekam Padi*. Surabaya. UNESA Journal of Chemistry Vol. 2, No. 1.
- Chen, Leane D., Jens K. Nørskov, Alan C. Luntz. 2015. *Al-Air Batteries: Fundamental Thermodynamic Limitations from First-Principles Theory*. California: The Journal of Physical Chemistry Letter
- Liu, Yisi, Qian Sun, Wenzhang Li, Keegan R. Adair, Jie Li, Xueliang Sun. 2017. *Review Article : A comprehensive review on recent progress in aluminum air batteries*. Elsevier ScienceDirect.
- Mainar, Aroa R., Elena Iruin, Luis C. Colmenaresa, Andriy Kvashaa, Iratxe de Meazaa, Miguel Bengoecheaa, Olatz Leoneta, Iker Boyanoa, Zhengcheng Zhangc, J. Alberto Blazqueza. 2018. *An overview of progress in electrolytes for secondary zinc-air batteries and other storage systems based on zinc*. Spain: Elsevier, Energy Storage
- Mardwianta, Benedictus. 2017. *Pembangkit Energi Listrik Padda Baterai Udara dengan Bahan Karbon Aktif dan Elektrolit Air Laut*. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan (SENATIK) Vol. III, 21 Desember 2017, P-ISSN: 2337-3881, E-ISSN: 2528-1666
- Mori, Ryohei. 2017. *Electrochemical properties of a rechargeablealuminum-air battery with a metal-organic framework as air cathode material*. The Royal Society of Chemistry.
- Morris, R. K., Ottewil, G. A., Barker, B. D. & Walsh, F. C., 2002. *The Aluminium-air Cell: A Hands-on Approach to The Teaching of Electrochemical Technology*. *Tempus*, XVIII(3), pp. 379-388.